



УКРАЇНА

(19) UA (11) 50949 (13) A

(51) 6 C22C38/12, C22C38/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ШТАМПОВА СТАЛЬ

1

2

(21) 2001096519

(22) 24 09 2001

(24) 15 11 2002

(46) 15 11 2002, Бюл. №11, 2002 р.

(72) Тюрін Микола Федорович, Белік Олександр
Вікторович, Овчиніков Микола Олексійович, Цари-
цин Євген Александрович, Кирильченко Петро
Миколайович, Фомицький Євген Іванович(73) ДОНЕЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ,
ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МАРІУ-
ПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ
ІМ ІЛЛІЧА"(57) Штампова сталь, що містить вуглець, кремній,
марганець, хром, вольфрам, молибден, алюміній,залізо, яка відрізняється тим, що додатково міс-
тить ванадій і кальцій при такому співвідношенні
компонентів, мас %

вуглець	0,45 - 0,65
кремній	0,90 - 1,70
марганець	1,30 - 1,60
хром	1,50 - 2,50
вольфрам	0,20 - 0,50
ванадій	0,30 - 0,80
молибден	0,50 - 0,80
алюміній(загал)	0,04 - 0,10
кальцій	0,001 - 0,005
залізо	решта

Винахід відноситься до чорної металургії, зокрема до дослідження високоякісних низьковольф-
рамових штампових сталей для гарячого та холо-
дного деформування змінними інструментами в
металургії та машинобудуванні (наприклад, мета-
лургійні ножи гарячої та холодної різки прокату,
зварні валки, ролики, штампи, пуансони, матриці)

Відомі вольфрамові і штампові сталі, що міс-
тять нікель, марок 6XB2C, 5XB2CF, 5XNB (ДОСТ
5950-73, сповіщення 3 - 5, сталь 5XNB, сталь
6XB2C, сталь 5XB2CF)

Проте вони мають відносно низькі механічні
властивості і теплостійкість, а перші дві - знижену
в'язкість на ударний вигин і пластичність (крих-
кість), що в підсумку знижує експлуатаційну стій-
кість змінних інструментів, виготовлених із них

Найбільш близькою до заявленої по технічній
сутності і досягнутому ефекту виявляється штам-
пова сталь, що містить, мас %

Вуглець	0,50 - 0,60
Кремній	1,40 - 1,70
Марганець	1,30 - 1,50
Хром	1,50 - 2,00
Вольфрам	0,20 - 0,35
Молибден	0,20 - 0,50
Алюміній (загал)	до 0,05
Залізо	решта

Ця штампова сталь прийнята нами за прото-
тип Завдяки раціональному легуванню вона хара-
ктеризується підвищеною прожарюваністю

(100мм), малою чутливістю до нагрівання, достат-
ньою теплостійкістю (600°C для твердості 40 -
42HRC_e проти 500 - 520°C у сталі 5XNB), гарячою
твердістю (250HB при 500°C проти 140HB у сталі
5XNB), високою розпалостійкістю [до 900 тепло-
змін нагрівів до (1000 - 1050)°C і охолоджуваль у
воді], дрібнозернистістю (дійсне зерно 12 - 10 ба-
лів), дисперсністю та рівномірним розподілом по
матриці овальної карбідної фази Рівень механіч-
них властивостей після гартування від 950°C у
маслі та наступного відпускання при 600°C такий
межа міцності 1465Н/мм², умовна межа текучості
1310Н/мм², відносне подовження 11,4%, відносне
звуження 35,5%, в'язкість на ударний вигин
26Дж/см, твердість HRC 52 (авт. свід. СРСР №
342490 кл. C22 с. 39/00, 1972)

Сталь призначена для виготовлення інструме-
нтів із прокату і кованих

Однак ця сталь має відносно понижені механі-
чні та експлуатаційні властивості, а також пониже-
ну теплостійкість при гарячому (і холодному) де-
формуванні важкооброблюваних матеріалів в
умовах великосерійного та масового виробницт-
ва)

В основу винаходу поставлена задача удоско-
налити штампову сталь шляхом зміни компонентів
сталі та їх співвідношення, щоб забезпечити під-
вищення механічних властивостей, теплостійкості
при термо- і деформаційній обробці сталі та екс-

(13) A

(11) 50949

(19) UA

плуатаційної стійкості виготовлених з неї інструментів

Для досягнення поставленої задачі штампова сталь, що містить вуглець, кремній, марганець, хром, вольфрам, молибден, алюміній та залізо, додатково містить ванадій і кальцій при співвідношенні компонентів, мас %

Вуглець	0,45 - 0,65
Кремній	0,80 - 1,70
Марганець	1,30 - 1,60
Хром	1,50 - 2,50
Вольфрам	0,20 - 0,50
Ванадій	0,30 - 0,80
Молибден	0,50 - 0,80
Алюміній (загал)	0,04 - 0,10
Кальцій	0,001 - 0,005
Залізо	решта

Суть заявляемого винаходу заснована на принципі комплексного легування сильними, слабкими карбід- і некарбидоутворюючими елементами, при яких в присутності слабких карбидоутворюючих компонентів (марганець, хром) значно слабшають сили міжатомних зв'язків сильних карбидоутворюючих компонентів (вольфрама, молибдена, ванадія) із вуглецем, внаслідок чого при нагріванні під загартування (аустенізацію) до відносно невисоких температур легше розчинюються складні карбіди типу MC , M_6C , $M_{23}C_6$, M_3C , що утворюються при кристалізації, легуючи аустенит зазначеними компонентами, зміцнюючи продукти його розпаду, підвищуючи прожарюваність при відносно низькому їх вмісті. Схильність до відпускнуї крихкості стримується при легуванні невисоким вмістом молибдену із-за сповільнення процесів дифузії вуглецю.

Відповідно із зазначеним принципом співвідношення легуючі компоненти обрано таким чином, щоб структура металу в результаті відповідної термічної обробки забезпечила значне підвищення міцних властивостей, термостійкості при аналогічній розпалостійкості і службових характеристик, необхідну технологічність у виробництві різноманітних складнопрофільних інструментів.

При сумісному легуванні марганець і кремній, які мають відмінну від α -заліза кристалічні ґратки, створюють більшу кількість дефектів. Легування сталі хромом збільшує її прожарюваність до крихкості.

Вміст молибдену в сталі становить 0,50% (мас) і більше забезпечує необхідний рівень теплостійкості, прожарюваності інструменту, стримування прояви відпускнуї крихкості сталі. Підвищення вмісту молибдену більш ніж 0,80% (мас) не призводить до суттєвого підвищення теплостійкості.

Зниження вмісту хрому та підвищений вміст марганцю у заявленій сталі забезпечує їй більш високі властивості.

Введення в сталь 0,30% (мас) і більше ванадію дозволяє отримати більш високу задану теплостійкість сталі. Збільшення вмісту ванадію більш ніж 0,80% (мас) недоцільно, тому що при оптимальних температурах загартування цієї сталі більша кількість ванадію у твердий розчин аустеніту не переходить. Крім цього, наявність надлишкових карбідів ванадію при вмісті більш ніж 0,80% (мас)

приведе до небажаного зниження в'язкості на ударний вигин.

Введення у сталь кальцію у кількості 0,001 - 0,005% (мас) забезпечує більш високий рівень в'язкості на ударний вигин, тому що карбіди ванадію, що присутні в сталі та виділяються переважно по границях зерен, понижують його. Кальцій у зазначених межах виявляє модифікуючий та рафінуючий вплив, що викликає очищення границь зерен від неметалічних включень, їх роздроблювання і, таким чином, підвищує в'язкість сталі на ударний вигин. При збільшенні вмісту кальцію більш ніж 0,005% (мас) подальшого підвищення в'язкості на ударний вигин не спостерігається.

Присутність в сталі сильного нітридоутворюючого елемента - алюмінію - дозволяє роздільнювати дійсне зерно сталі до 12 - 10 балів по ДОСТ 5639-82, підвищуючи тепло- і зносостійкість. Вміст алюмінію нижче 0,04% (мас) не дозволяє одержати достатньо високих властивостей. Введення алюмінію в сталь більш ніж 0,1% (мас) недоцільно, тому що немає необхідності подальшого подібнення розміру зерна сталі.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю усіх суттєвих ознак винаходу і технічним результатом полягає в тому, що тільки використання усіх без винятку компонентів у заявляемому співвідношенні дозволить підвищити механічні властивості, теплостійкість при термо- і деформаційній обробці сталі та експлуатаційну стійкість виготовлених з неї інструментів, що підтверджують наведені нижче досліді.

Заявлену сталь і прототип виплавляли в дугових печах із основним футеруванням типу ДСП-3, ДСП-25 хімічного складу, наведеного в табл. 1.

Відпалі із цих плавів зливки піддавали попередній термообробці - ізотермічному відпалу по режиму нагрів до $860 \pm 10^\circ\text{C}$, витримка 2 - 3 години, охолодження з пічкою із швидкістю $30^\circ\text{C}/\text{год}$. До $680 \pm 10^\circ\text{C}$, витримка 2 - 3 години, охолодження з пічкою із швидкістю $50^\circ\text{C}/\text{год}$. До $180 \pm 10^\circ\text{C}$, далі - на повітрі. Після відпалу твердість складає 206 - 250HB. Зливки проковували на заготовки, які також піддавали ізотермічному відпалу. Твердість поковок після відпалу 196 - 241HB.

Остаточна термічна обробка включала нагрів до $(930 - 960) \pm 10^\circ\text{C}$, витримка 40 - 50с на 1мм діаметру або товщини інструмента, гартування у маслі (або на повітрі) і двократний відпуск при 600 і 530°C по 1,5 - 2,0 год. На твердість 47 - 49од HRC залежності від умов експлуатації інструментів, які вимагають більш високої твердості (54 - 57HRC), відпуск знижували до $(300 - 150)^\circ\text{C}$.

Механічні властивості заявленої та відомої сталей визначали при кімнатній температурі на гагаринських циліндричних зразках з відношенням до робочої довжини 1:6 по ДОСТ 14-97-84, при підвищених температурах - по ДОСТ 9651-84, на ударний вигин (KCU) на зразках розмірами $(10 \times 10 \times 55)\text{мм}$ із круглим надрізом типу Менаже по ДОСТ 9454-78. При кожній температурі випробування не менше 3-х зразків на очку.

Теплостійкість сталей очнювали температурою 5-кратного відпуску зразків після гартування від оптимальних температур в різних середовищах - в маслі, воді, на повітрі при $(300 - 700)^\circ\text{C}$ через

(100 - 50)°C тривалістю по 2 години, яка забезпечує збереження твердості не нижче HRC 40 (Геллер Ю А. Инструментальные стали 4-е изд. - М. Металлургия, 1975, с. 72 - 74).

Розпалостійкість сталей визначали на циліндричних зразках діаметром 20мм і довжиною 60мм із круглим кільцевим надрізом на одному кінці кількістю циклів нагрівів до (1000 - 1050)°C у індукторі установки ТВЧ і охолоджуваних у воді до з'явлення першої тріщини розпаду.

Механічні властивості відомої і заявляємої сталі при кімнатній і підвищеній температурах подані в табл. 2, зміни їх у залежності від температури 3-годинного відпуску при (200 - 700)°C складу 3 (зразки вирізали з листового прокату товщиною

80мм) приведені в табл. 3, значення тепло- і розпалостійкості - в табл. 4.

В результаті карбідного і електронномікроскопічного аналізів встановлено, що на утворення дрібнодисперсної овальної форми карбідної фази запропонованої сталі, яка складається з карбідів MC, M₆C, M₂₃C₆, витрачається до (30 - 35)% (мас.) вмісту вуглецю.

Карбіди розташовуються рівномірно і достатньо щільно по металічній матриці. Внаслідок збіднення твердого розчину вуглецем заявлена сталь сприймає хіміко-термічну обробку зокрема цементацію поверхневого шару у твердому карбюраторі. За одну годину витримки при температурі цементації (920 - 930)°C утворюється шар насичення вуглецем до 0,07мм.

Таблиця 1

Сталь Відома	Хімічний склад, мас. %									
	Вуглець	Кремній	Марганець	Хром	Вольфрам	Ванадій	Молибден	Алюміній (загал.)	Кальцій	Залізо
(по авт. свід. СРСР № 342490)	0,58	1,52	1,45	1,63	0,34	-	0,34	0,05	-	решта
Заявляема										
1	0,45	1,00	1,30	1,50	0,20	0,30	0,50	0,04	0,002	решта
2	0,55	1,20	1,42	1,50	0,40	0,50	0,65	0,08	0,004	решта
3	0,60	1,50	1,58	2,50	0,49	0,80	0,80	0,95	0,005	решта

Примітка. Вміст сірки та фосфору в усіх складах не більше 0,03% (мас.), нікелю - не більше 0,35% (мас.), міді - не більше 0,30% (мас.).

Таблиця 2

Температура випробування, °C	Сталь	Твердість, HRC _e , після загартування	Механічні властивості					Твердість, HRC _e , після випробування
			σ _д , Н/мм ²	σ _{0,2} , Н/мм ²	δ ₅ , %	ψ, %	KCU, Дж/см ²	
20	1	-	1465	1310	11,4	33,6	26,0	-
	2	54,0	2200	1720	3,5	10,0	20,0	55,02 52,0 - 56,0
	3	55,0	2205	1723	2,5	7,0	18,0	55,52 53,0 - 57,0
	4	56,0	2210	1726	2,3	5,0	15,0	56,02 52,0 - 57,0
300	1	-	1385	1135	9,7	27,0	40,0	-
	2	54,0	1650	1590	15,5	29,0	29,0	46,0
	3	55,0	1665	1595	13,5	28,0	28,5	46,5
	4	56,0	1670	1597	13,0	27,0	28,0	47,0
	1	-	1335	1080	15,2	46,5	54,0	-
	2	54,0	1450	1400	14,2	33,5	38,0	46,0
	3							

Таблиця 3

Твердість, HRC _e , після загартування	Відпускання при температурі, °C	Механічні властивості					Твердість, HRC _e , після випробування
		σ_{Δ} , Н/мм ²	$\sigma_{0.2}$, Н/мм ²	δ_5 , %	ψ , %	KCU ₂ , Дж/см ²	
55,0 ¹	200	2205	1716	2,5	9,0	20,0	56,0 ¹
50,0 - 59,0							54,5 - 57,5
Теж ж саме	300	2180	1942	3,3	16,0	20,0	54,5
							52,0 - 57,0
"-	400	2120	1840	6,0	16,0	19,5	52,0
							50,0 - 53,5
"-	500	1940	1620	9,5	21,0	20,0	54,0
							51,0 - 57,0
	600	1680	1550	12,5	30,0	28,0	49,0
							47,5 - 49,0
"-	650	1308	1155	13,0	42,0	40,5	41,0
							39,0 - 42,5
"-	700	1009	845	19,0	44,5	52,0	34,0
							33,0 - 37,0

Примітка 1 Чисельник - середнє з іспитів 15 - 16 зразків, на кожному з котрих не менш ніж 5-т замірів, знаменник - інтервал значень твердості HRC_e.

Таблиця 4

Сталь	Теплостійкість для твердості (40 - 42) HRC _e , °C	Розпалостійкість, кількість циклів
Відома 1	610	900 без утворення тріщин
Заявляема 2	630	960 те ж саме
3	640	930 "-
4	650	910 "-

Економічний ефект від застосування заявляемої сталі складається не тільки з економії гостродефіцитних феровольфраму та металевго нікелю в порівнянні з наведеними вище стандартними сталями, а і в наслідок підвищення експлуатаційної стійкості в 3 - 5 разів змінних високонавантажених деталей металургійного обладнання (металургійних ножів гарячого та холодного різання товсто- та тонколистового прокату, дернів, сварочних валків, робочих валків, ролико-правильних машин гарячої правки товстолистового прокату, штампів та інше)

Заявляема сталь у порівнянні з відомою має високі механічні властивості, твердість, теплостійкість при аналогічній розпалостійкості в поєднанні з технологічністю при термо- та деформаційній обробці і підвищену експлуатаційну стійкість виготовлених з неї змінних високонавантажених деталей (інструментів) металургійного обладнання, штампів та ін

Хіміко-термічна обробка - насичення поверхні вуглецем (наприклад, цементация в твердому і газовому карбюраторах) підвищує поверхневу твердість до (59 - 62)HRC

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 - 20 - 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 - 32 - 71